

CLIPPEDIMAGE= JP406096856A
PAT-NO: JP406096856A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06096856 A
TITLE: ELECTROMAGNETIC WAVE COMPOSITE HEATING
FURNACE

PUBN-DATE: April 8, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SHIBATA, CHOKICHIRO

AOKI, KOEI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

CHUBU ELECTRIC POWER CO INC

ASAI SHIGEO

DAIDO GAKUEN

NEW JAPAN RADIO CO LTD

DAI ICHI HIGH FREQUENCY CO LTD

N/A

N/A

N/A

N/A

N/A

APPL-NO: JP04219370

APPL-DATE: August 18, 1992

INT-CL (IPC): H05B011/00; F27D011/06

US-CL-CURRENT: 219/679

RECEIVED
MAY 22 1993
TC 1700

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a heating furnace easily and efficiently heating and fusing a dielectric substance in which an ion current easily flows at a high temperature.

CONSTITUTION: Many axial slits 5 are formed on the side wall of a cylindrical or rectangular microwave cavity 1 capable of being

resonated with microwaves in the TM mode, and an induction coil 7 is arranged around the microwave cavity 1 at the portion where the slits 5 are formed. A dielectric substance is dielectrically heated by microwaves at a low temperature, and it is dielectrically heated into complete fusion when the temperature rises and the electric conductivity is increased.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-96856

(43)公開日 平成6年(1994)4月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 B 11/00	Z	8815-3K		
F 2 7 D 11/06	Z	7141-4K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-219370

(22)出願日 平成4年(1992)8月18日

(71)出願人 000213297

中部電力株式会社

愛知県名古屋市中区東新町1番地

(71)出願人 592178886

浅井 滋生

愛知県名古屋市千種区不老町(番地なし)

(71)出願人 391002487

学校法人大同学園

愛知県名古屋市南区大同町2丁目21番地

(71)出願人 000191238

新日本無線株式会社

東京都目黒区下目黒1丁目8番1号

(74)代理人 弁理士 朝日奈 宗太 (外2名)

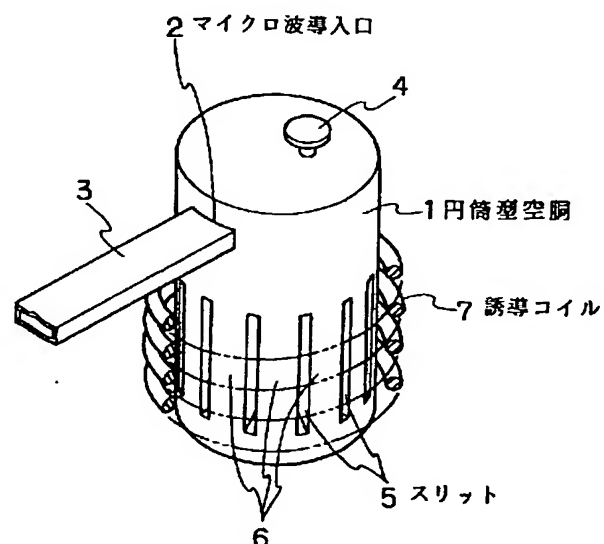
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電磁波複合加熱炉

(57)【要約】

【目的】 高温になるとイオン電流が流れ易い誘電体でも、容易に効率よく加熱して溶融に至らしめる加熱炉を提供する。

【構成】 マイクロ波がTMモードで共振しうる円筒または角筒型のマイクロ波空洞1の側壁に多数の軸方向のスリット5が形成され、該スリットが形成された部分の前記マイクロ波空洞の周囲に誘導コイル7が配置され、温度の低い誘電体状態ではマイクロ波による誘電加熱をし、温度が上昇して電気伝導性が増したら誘導加熱による加熱を行って完全な溶融に至らしめる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波導入口を有し、TMモードで動作する円筒または角筒型のマイクロ波空洞の側壁に多数の軸方向のスリットが形成されて前記側壁が帯状に分割され、前記マイクロ波空洞の外周に誘導加熱用コイルが配置されてなる電磁波複合加熱炉。

【請求項2】 前記マイクロ波空洞の側壁外周に着脱自在に前記空洞の側壁外形に合わせた導電体が配置され、マイクロ波加熱時には前記側壁に形成されたスリットが前記導電体で閉塞され、誘導加熱時には前記導電体を取り外され、前記スリットが露出される請求項1記載の電磁波複合加熱炉。

【請求項3】 円筒型空洞の途中まで、内軸が配置された同軸線路部と残部が空洞共振器部に形成されたマイクロ波半同軸型共振器の前記空洞共振器部の側壁に軸方向のスリットが形成されて前記空洞共振器部の側壁が帯状に分割され、該空洞共振器部の外周に誘導加熱用コイルが配置されてなる電磁波複合加熱炉。

【請求項4】 前記マイクロ波半同軸型共振器の空洞共振器部の側壁外周に着脱自在に前記共振器の側壁外形に合わせた導電体が配置され、マイクロ波加熱時には前記側壁に形成されたスリットが前記導電体で閉塞され、誘導加熱時には前記導電体を取り外され、前記スリットが露出される請求項3記載の電磁波複合加熱炉。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は粉状物、塊状物などの高融点誘電体物質を加熱して溶融せしめる加熱炉であって、マイクロ波による誘電加熱と高周波による誘導加熱とを併用した電磁波複合加熱炉に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、粉状物、塊状物などの被加熱物を加熱して溶融するばあい、マイクロ波による誘電加熱を利用すると物質の内部から加熱され、外部からの熱伝導による加熱より効率よく加熱され、溶融に至らしめるため、誘電体の加熱にはこのマイクロ波を利用した誘電加熱が利用されている。このマイクロ波による誘電加熱は、たとえば電子レンジのようにオープン形式の炉で行われたり、溶融に至らしめる程度まで加熱するばあいには、共振器構造とした加熱炉で電界を集中させて局部的に加熱し溶融に至らしめる方法で行われている。

【0003】一方、ある程度溶融状態になると、イオン電流などにより電気伝導性が生じる。とくに、たとえばガラスなどのように、高温になると相当に電導性のあるものを加熱するばあいには、両端に電圧を印加して流れる電流の抵抗損によるジュール加熱や電磁誘導により発生する渦電流により加熱することも行われている。

【0004】この電磁誘導による誘導加熱の最近の新しい方法として、冷間ルツボ（コールドクルーシブル）の

法を図6に基づいて説明する。この加熱炉の構成は、たとえば銅、黄銅のような電気伝導性の良い材料で形成された有底または底部も貫通した円筒状容器11に縦方向のスリット12が上部から入れられ、円筒状容器11は多数の帯状部13に分割されて底部もしくは上部のみまたは上下両方で連結されており、帯状部は内部に冷却水が流され水冷されている。また円筒状容器11の外周には誘導コイル7が配置され、高周波電流が流される構成になっている。この構成で、誘導コイル7に高周波電流が流されると、電磁誘導により被加熱物に渦電流が誘起され、その電流損により被加熱物が加熱される。しかも円筒状容器11の帯状部13に流れる電流による磁場と被加熱物に流れる電流による磁場との反発力により被加熱物が炉体である円筒状容器11から離れるため、被加熱物の上昇した温度が炉体である円筒状容器11に直接伝わらず、被加熱物の温度を高温に維持できると共に、冷たい炉体で溶融加熱を行うことができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、マイクロ波による誘電体加熱では、被加熱物が加熱されて高温になり、溶融状態になってくると、イオン伝導などによる電気伝導度が大きくなり、マイクロ波が被加熱物の中に入りにくくなり、浸透深さが浅くなる。その結果、被加熱物の表面近傍でマイクロ波は反射されて内部で加熱が充分に行われず、全体を溶融状態にできないという問題がある。

【0006】また、温度が1500℃以上になると、放射される紫外線により、オープン内の気体が電離して放電を生じるため、気体中でのマイクロ波による高温加熱は困難になってくる。

【0007】一方、誘導加熱による冷間ルツボ法では、電磁誘導による渦電流を直接被加熱物に発生させることにより加熱するもので、被加熱物に電気伝導性がないと加熱することができず、粉状物、塊状物などのような誘電体では直接渦電流を流して加熱することができないという問題がある。

【0008】本発明は粉粒体や塊状体など誘電体物質でも、効率よく加熱して溶融に至らしめる加熱炉を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の一態様による電磁波複合加熱炉は、マイクロ波導入口を有し、TMモードで動作する円筒または角筒型のマイクロ波空洞の側壁に多数の軸方向のスリットが形成されて前記側壁が帯状に分割され、前記マイクロ波空洞の外周に誘導加熱用コイルが配置されてなるものである。

【0010】また、本発明の他の態様による電磁波複合加熱炉は、円筒空洞共振器の途中まで、内軸が配置された同軸線路部と残部が空洞共振器部に形成されたマイクロ

スリットが形成されて前記空洞共振器部の側壁が帯状に分割され、該空洞共振器部の外周に誘導加熱用コイルが配置されてなるものである。

【0011】本明細書では、 TM_{mnp} モードを区別する必要がないときは単にTMモードと記す。

【0012】

【作用】本発明によるTMモードで動作するマイクロ波空洞の側壁に多数の軸方向のスリットが形成された電磁波複合加熱炉によれば、マイクロ波は加熱炉内でTMモードで共振するため、電界は円筒または角筒の軸方向と平行方向になり、加熱炉の側壁に形成されたスリットからは殆どマイクロ波が漏洩することなく、加熱炉内でマイクロ波は共振して電界の強い場所から被加熱物の温度は上昇し、半熔融状態になる。ある程度熔融状態になってマイクロ波が被加熱物内に浸透しにくくなったら、マイクロ波加熱を止めて、誘導コイルに高周波電流を流すことにより冷間ルツボ法の誘導加熱に切替えられ、渦電流による加熱が続けられ、被加熱物を効率よく加熱熔融することができる。

【0013】このほあい、マイクロ波共振器のスリットを形成した部分の外周に円筒状導電体がシールドとして着脱自在に配置され、マイクロ波加熱の際にスリットの外周が閉塞されれば、マイクロ波のスリットからの漏洩は一層確実に防止される。

【0014】また、本発明の半同軸型共振器の空洞共振器部にスリットが形成された加熱炉では、同軸部分で同調をとりながら、被加熱物はまずマイクロ波により誘電加熱され、ある程度熔融状態になって電気伝導性が良くなってから、誘導コイルによりさらに誘導加熱されることにより、前述と同様に渦電流により被加熱物が高温になり熔融状態になる。このマイクロ波加熱の際、空洞共振器部では内軸の先端から空洞共振器の底面に向かって電界が生じるため、空洞共振器の側壁に設けられたスリットからマイクロ波が漏洩することは殆どない。しかしこの空洞共振器のスリットを形成した周囲に円筒状導電体が着脱自在に配置され、マイクロ波加熱をする際にスリット部を円筒状導電体で閉塞することにより完全にマイクロ波漏洩を防止することができ、誘導加熱のときはこの円筒状導電体を取り外すことにより、誘導加熱を有効にすることができる。

【0015】

【実施例】図1は本発明の一実施例である複合加熱炉の概略斜視図である。図1において、1は銅、黄銅などの金属で形成された円筒型空洞で、マイクロ波導入口2を介して導波管3から導入されるマイクロ波がTMモードで共振するような寸法で構成され、完全な整合をとって共振させられるようにスタップなどからなる整合器4が設けられている。この整合器4は円筒型空洞1に形成されなくても、導波管3側に形成されてもよい。円筒型空

ト5が多数形成され、側壁が帯状部6に分割されている。また円筒型空洞1のスリット5が形成された部分の外周には誘導コイル7が配置されている。前述のスリット5に、図示していないアルミナ、マイカなどのマイクロ波に対して低損失の電気絶縁体が充填されれば、炉内の気体や圧力を任意に調節することが可能であるこの加熱炉内にマイクロ波に対して低損失なアルミナ、マイカなどで形成されたルツボなどを入れ、そのルツボに被加熱物を供給し熔融することができる。

10 【0016】つぎに、本発明によるTMモードの共振について説明する。円形導波管での TM_{01} モードの電界および磁界の分布を図3に示す。図3の(a)は円形導波管の側面図の電界分布（磁界分布は省略）で、図3の(b)は円形導波管の断面図の電磁界分布である。同図からわかるように、電界は円形導波管の軸方向に沿って分布し、中心部で最も強く、導波管壁で最も弱い分布となる。この TM_{01} モードで共振させると、図4に電界模式図を示すように、電界分布は定在波となり、一定場所に電界の強い場所が集中し（図4のA、B、C）、その部分の被加熱物がとくに加熱されて升温し、熔融に至る。 TM_{01} モードではこのような電磁界分布になっているため、電界の強い部分は共振器の中心部に集中し、共振器の側壁部では電界が弱く、軸方向の表面電流が流れる。したがって、共振器の側壁に軸方向（表面電流の方向と平行）にスリットが形成されてもそのスリットからマイクロ波が大量に漏れるということはない。前述の例は TM_{01} モードで説明したが、たとえば TM_{11} モードでの共振状態の電界模式図を図5に示すように、中心部にさらに別の電界のモードが生じ、中心部に電界の弱い部分が形成され、半径方向の中間部に電界の強い部分が形成されるが、前述と同様に側壁が電界の最も弱く、軸方向の表面電流が流れる部分となり、軸方向にスリットが形成されていてもマイクロ波の漏洩は最小となる。TMモードはその他の高次モードになっても同様な電磁界分布であり、共振器の側壁にスリットが形成されてもマイクロ波は漏洩しにくい構成になり、共振器構造にすることにより、電界をある場所に集中させることができ、簡単に熔融状態まで升温することができる。

40 【0017】また、以上の説明においては円形導波管や円形の空洞を共振器の例で説明したが、断面が円形でなくても、四角形以上の角筒であれば、円形と同様の電界分布が形成され、同様の熔融炉を形成できる。

【0018】つぎに、誘導加熱の構成について説明する。本発明による誘導加熱は前述のコールドクルーシブルの考え方によるもので、加熱炉の側壁に縦方向のスリットが形成され、その側壁が帯状に分割された構造とする。誘導加熱だけの見地からすれば、帯状部に渦電流を生じさせればよいのであるから、スリットの幅は適宜に設定しうるが、本発明ではこの加熱炉によりマイクロ波

らスリット幅は2〜5mm(2450MHzのマイクロ波のばあい)が好ましい。しかし後述する導電体でスリット部分を遮蔽する構成で行えば、必ずしも前述のスリット幅に限定されるものではない。

【0019】また、前述のスリットにより分割された帯状部の幅は渦電流の発生しやすいから10〜20mm幅に形成されることが望ましい。この渦電流を発生させる観点から、加熱炉の側壁は肉厚が10〜15mm位に形成されるのが好ましく、電気伝導のよい銅、黄銅などで形成され、内部が水冷される。この構成で誘導コイル7に高周波電流が流されると、電磁誘導により被加熱物に渦電流が発生し、被加熱物の抵抗損により加熱されると共に、側壁帯状部の渦電流と被加熱物の渦電流とで反発力が働き、被加熱物が溶融炉から離れ、溶融炉の昇温を防止できる。

【0020】本発明では、マイクロ波加熱と誘導加熱を1つの加熱炉で兼用し、マイクロ波としてTMモードで共振させる構造としているため、側壁に形成された軸方向のスリットからマイクロ波が漏洩することは殆どないが、マイクロ波加熱のとき、加熱炉の外周に合わせた内径を有する導電体筒を挿入してスリット部を遮蔽させ、誘導加熱時には導電体筒を取り外す構成とすれば、完全にマイクロ波の漏洩を防止できる。

【0021】図2に本発明の他の実施例である半同軸円筒空洞共振器の例を示す。この構造は円筒型空洞8の上部には円筒型空洞8の中心部に金属棒9が配置されて、円筒型空洞8と金属棒9とのあいだで同軸線路部Pが形成され、その下部は空洞共振器部Qとなり、この空洞共振器部Qは前述の例と同様に側壁にスリット5が形成され、帯状部6に分割されると共に、その周囲には誘導コイル7が配置され、前述と同様の誘導加熱ができる構成となっており、空洞共振器部Qに被加熱物を配置することにより前述と同様にマイクロ波加熱と誘導加熱を併用できる。

【0022】この半同軸型空洞共振器では、上段部の同軸線路部Pでは電界は図2にEで示すように、金属棒9である内軸から円筒型空洞8である外軸に向かい、金属棒9の先端からは前述のTMモード共振と同様に、円筒型空洞8の軸方向に沿って円筒型空洞8の底面に向かっており、前述と同様にスリットからはマイクロ波が漏れにくい構造になっている。

【0023】これらの構成例によれば、空洞共振器部Qの被加熱物が半溶融状態の高温になっていなければ誘電体でマイクロ波の電界により加熱され、ある程度昇温して電導性が生じれば誘導加熱の渦電流により加熱される

と共にマイクロ波は反射されるため、被加熱物の状態に応じて適した加熱が行われ、連続的に溶融作業をすることができる。

【0024】

【発明の効果】本発明によれば、マイクロ波による誘電加熱と高周波電流による誘導加熱を併用しているため、温度の低い誘電体状態のときはマイクロ波により内部から加熱されて効率よく昇温し、半溶融状態まで昇温してマイクロ波が浸透しなくなったら誘導加熱による渦電流でさらに昇温させて溶融に至らしめることができ、効率のよい加熱をすることができる。

【0025】さらに、本発明による誘導加熱は冷間ルツボ法を採用しているため、加熱炉の側壁の帯状部に生じる誘導電流と被加熱物のあいだに生じる誘導電流によりそれぞれ発生する磁場が相互に反発して側壁と被加熱物が離れ、加熱炉の温度は大して昇温させないで溶融作業をすることができる。

【0026】その結果、高温になるとイオン電流の流れ易い誘電体でも最も効率よく短時間で溶融させることができ、クリーンで省エネの加熱溶融ができると共に、融点が高く硬度の高い材料の加工も容易にでき、将来の半導体材料やニューセラミックスなどの分野の発展に寄与する効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である複合加熱炉の説明用斜視図である。

【図2】本発明の他の実施例である複合加熱炉の断面説明図である。

【図3】円形導波管におけるTM₀₁モードの電磁界分布図である。

【図4】円筒型空洞共振器でのTM₀₁モードで共振したときの電界模式図である。

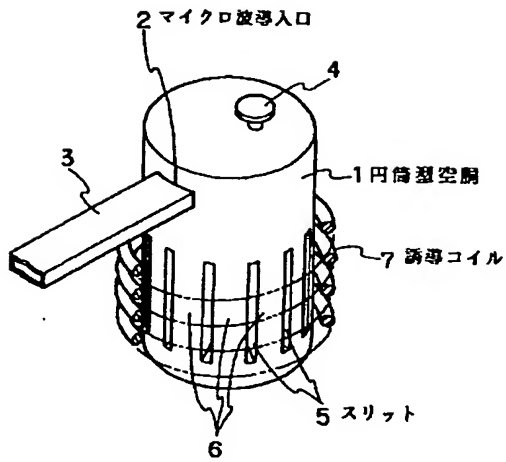
【図5】円筒型空洞共振器でのTM₁₁モードで共振したときの電界模式図である。

【図6】コールドクルーシブルでの誘導加熱を説明する図である。

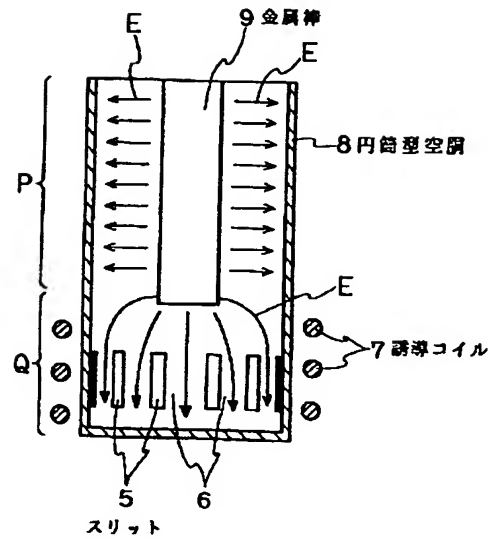
【符号の説明】

- 1 円筒型空洞
- 2 マイクロ波導入口
- 5 スリット
- 7 誘導コイル
- 8 円筒型空洞
- 9 金属棒

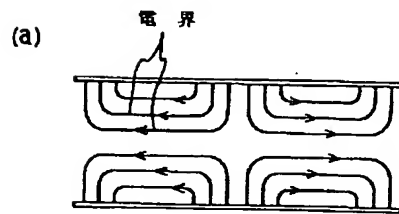
【図1】



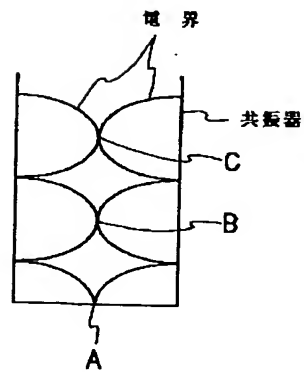
【図2】



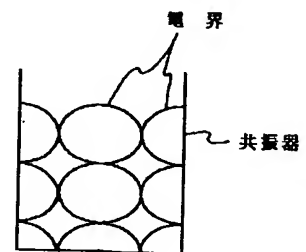
【図3】



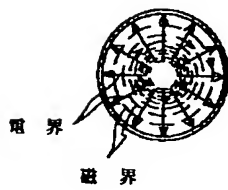
【図4】



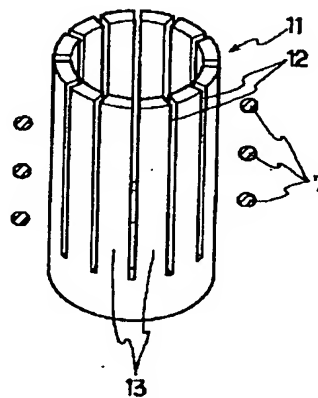
【図5】



(b)



【図6】



フロントページの続き

(71)出願人 000208695

第一高周波工業株式会社

東京都中央区築地1丁目13番10号

(72)発明者 柴田 長吉郎

東京都小平市学園東町一丁目7番34号

(72)発明者 青木 弘栄

愛知県名古屋市緑区大高町字北関山20番地

の1 中部電力株式会社電気利用技術研究
所内